

Библиографический список

1. Каляев Г.И., Глевасский Е.Б., Димитров Г.Х. Палеотектоника и строение земной коры докембрийской железорудной провинции Украины. – Киев: Наукова думка, 1984. – 240 с.
2. Трипольский А.А., Шаров Н.В. Литосфера докембрийских щитов северного полушария Земли по сейсмическим данным. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2004. – 159 с.
3. Крутиховская З.А. Глубинное строение и прогнозная оценка Украинской железорудной провинции. – Киев: Наукова думка, 1972. – 205 с.
4. Крутиховская З.А., Силина И.М., Завойский В.Н. и др. Структура фундамента и железорудные месторождения северного склона Украинского щита. – Киев: Наукова думка, 1975. – 229с.
5. Чекунов А.В. Структура земной коры и тектоника юга Европейской части СССР. – Киев: Наук. думка, 1972. – 176 с.
6. Глевасский Е.Б. Реконструкция активной континентальной окраины восточной части Украинского щита в протерозое // Геологическая история территории СССР и тектоника плит. – М.: Наука, 1989. – С.32-42.
7. Азаров Н.Я., Анциферов А.В., Шеремет Е.М. и др. Геолого-геоэлектрическая модель Орехово-Павлоградской шовной зоны Украинского щита. – Киев: Наук. думка, 2005. – 190 с.
8. Глевасский Е.Б., Кулиш Е.А., Шеремет Е.Б., Николаев И.Ю. Палеогеодинамическая интерпретация геологического строения Орехово-Павлоградской полосы // Тектоника, металлогения, минеральные ресурсы. Сборник науч. раб. ИГОС НАН и МЧС Украины. – Киев, 2005. - Вып. 11. - Том I и II. – С.33 – 54.
9. Николаев И.Ю. Геолого-геофизическая глубинная модель Орехово-Павлоградской шовной зоны Украинского щита по данным геоэлектрических исследований и ее металлогения // Сучасні проблеми геологічної науки: Зб. наук. пр. ІГН НАН України. – Київ, 2003. – С.61 – 63.
10. Шеремет Е.М., Глевасский Е.Б., Николаев И.Ю., Сухой В.В. и др. Геоэлектрические исследования железорудных месторождений Орехово-Павлоградской шовной зоны Украинского щита и их геодинамическая позиция / Фізико-технічні проблеми гірничого виробництва. Під загальною редакцією А.Д. Алексєєва. – Донецьк: ООО «Апекс», 2004. – С.122–135.
11. Николаев И.Ю. Железорудные месторождения Орехово-Павлоградской полосы и Западного Приазовья (геолого-геоэлектрическое сопоставление) // Науковий вісник Національного гірничого університету. Геологія, геофізика, геоінформаційні системи, гідрогеологія, геоєкологія. – Дніпропетровськ, 2005. – №9. – С.62 – 66.
12. Донской А.Н., Кулиш Е.А., Донской Н.А. Нефелиновые породы Украины – комплексные алюминий-глиноземные и редкометалльные руды. – Киев: Логос, 2004. – 222 с.

© Шеремет Е.М., Николаев И.Ю., Пигулевский П.И., 2006

УДК 550.4:551.24:552.52:553.98 (622.831)

Докт. геол. наук ПРИВАЛОВ В.О. (ДонНТУ)

89-44

ВИЗНАЧЕННЯ НАФТОГАЗОГЕНЕРАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВУГІЛЬ ТА ЧАСУ ГАЗОГЕНЕРАЦІЙНИХ ІМПУЛЬСІВ У ПІВДЕННО-ДОНБАСЬКОМУ РАЙОНІ ДОНБАСУ

Державною програмою “Мінеральні ресурси України” і Національною програмою “Нафта і газ України до 2010 р.” передбачається необхідність проведення наукових досліджень у галузі вивчення геологічної будови України і визначення нових напрямків геологорозвідувальних робіт з пошуків родовищ корисних копалин, у тому числі вуглеводневих покладів. Національною енергетичною програмою України на період до 2010 року розроблені шляхи ефективного забезпечення країни енергетичними ресурсами за рахунок активізації розвитку власного паливно-енергетичного комплексу. При цьому вугілля залишається і на перспективу головним вітчизняним енергоносієм. Разом з тим, у Національній енергетичній програмі чітко визначений напрямок

використання альтернативних видів енергії, у тому числі за рахунок залучення метану вугільних родовищ у паливно-енергетичний баланс держави.

Один з найбільш значимих регіонів України по запасах корисних копалин і перспективам виявлення нових родовищ вуглеводнів, інтенсивно дислокований Донецький басейн традиційно знаходився в полі пильної уваги багатьох поколінь геологів як центр максимального вугленагромадження в карбоні, що просторово сполучений із однієї з найбільших у Європі метано-газових провінцій [1]. У Донецькому басейні протягом карбону відбувалося нагромадження і наступне поховання, головним чином, неорганічних осадків і рідше - фітомаси. Процеси вуглефікації, котрі проходили при зануренні і зростанні температури, а також мінливих теплових потоках, призвели до трансформацій вихідних похованих рослинних решток у вугілля, газоподібні і рідкі вуглеводні (ВВ) [1]. Сумарна кількість органічної речовини (ОР), сконцентрованої у вугільних пластах, прошарках і розсіяного в породах Донецького басейну, що вміщують, у межах території України за даними роботи [2] може бути оцінене в перерахунку на вугільну масу в 958 млрд. т. Вражають і масштаби обсягів генерованого в процесі дозрівання і перетворення органіки у вугленосній товщі газу - понад 278 трлн. м³ [2].

Сучасний етап пошуково-розвідувальних робіт на вуглеводневу сировину в Донбасі ускладнений багатьма об'єктивними причинами, зв'язаними, зокрема, з необхідністю освоєння глибокозалягаючих горизонтів, складнодислокованих структур осадового чохла й вуглеводневих систем, які знаходяться у жорстких термобаричних умовах.

За допомогою сучасного методу піролізних іспитів *Rock Eval* [3] було проведене дослідження залишкового нафтогазогенераційного потенціалу вугіль з Південно-Донбаського району Донбасу. Світовий досвід використання цього методу, заснованого на засадах термолітичної газової хроматографії, свідчить про високі можливості цього методу для рішення задач якісної і кількісної параметризації ОР у гірських породах, визначення залишкового потенціалу генерації ВВ і виявлення їхніх перспективних покладів. В основі методу – теплове оброблення мікропроб гірських порід в атмосфері гелію за спеціальною температурною програмою з рівнобіжним визначенням обсягів газо- і пароподібних продуктів, котрі виділилися у виді сигналів S_1 , S_2 . По досягненні температур біля 300°C із проби віддаляються вільно мігруючі чи сорбовані на мінеральній матриці вуглеводні (ВВ) ряду $C_{10} - C_{33}$ (пік S_1), які раніше відокремилися від керогену. При більш високих температурах (T_{max}) відбувається крекінг керогену, і звільняються хімічно пов'язані, латентні ВВ (пік S_2). Величина S_2 показує залишковий потенціал досліджуваної гірської породи генерувати ВВ при більш глибокому зануренні осадових товщ або сплесках теплових потоків.

Дослідження вугіль було виконано з використанням 4 проб з вугільних пластів серпуховського ярусу нижнього карбону c_{10}^2 (шх. Південно-Донбаська №1), c_{11} (шх. Південно-Донбаська №3) за методикою Ж.Еспитал'є [4] з використанням установки-аналізатора *Rock Eval 2+*.

У результаті для кожної проби вугілля і її дубліката визначалися наступні інформативні параметри: кількість вільних ВВ (S_1 , мг), вихід латентних ВВ у процесі крекінгу керогену (S_2 , мг) і T_{max} - температура максимальної генерації латентних ВВ на піку сигналу S_2 . Шляхом нормалізації до вмісту органічного вуглецю (C_{org} , г) первинні дані було перераховано на величини бітумного ($BI = S_1 / C_{org}$) і водневого ($HI = S_2 / C_{org}$) індексів. Величина водневого індексу $HI > 45$ мг ВВ/г C_{org} дозволяє об'єктивно судити про потенційні можливості материнських товщ генерувати вуглеводні: у діапазоні $HI = 45 \dots 195$ мг ВВ/м C_{org} гірські породи володіють газогенераційним потенціалом, в

інтервалі $HI=195...295$ мг ВВ/г $C_{орг}$ - нафтогазогенераційним потенціалом [5]. При $HI>295$ мг ВВ/г $C_{орг}$ осадові товщі генерують ВВ нафтового ряду [5].

Слід зазначити, що при низьких значеннях водневого індексу HI , який відбиває залишковий потенціал генерації ВВ з материнських порід, перспективи нафтогазоносності осадових басейнів різко скорочуються. За результатами лабораторних визначень [3] досліджені вугільні пласти мають наступні значення водневого індексу HI : c_{10}^2 (шх. Південно-Донбаська №1) - 229-278 мг/г; c_{11} (шх. Південно-Донбаська №3) - 249 мг/г (таблиця 1).

Табл. 1. Результати визначення нафтогазогенераційного потенціалу вугіль у Південно-Донбаському районі Донбасу

Шахта	Пласт	Глибина (інтервал) відбору проб, м	Показник відбиття вітриніту R_o , %	Бітумний індекс VI , мг/г	Водневий індекс HI , мг/г
Південно-Донбаська №1	c_{10}^2 верхня пачка	416,20-415,80	0,60	5,69	278
Південно-Донбаська №1	c_{10}^2 середня пачка	416,60-416,20	0,62	4,80	260
Південно-Донбаська №1	c_{10}^2 нижня пачка	417,05-416,60	0,63	4,88	229
Південно-Донбаська №3	c_{11}	830,00-828,40	0,70	6,85	249

Експериментальні оцінки бітумного та водневого індексів свідчать про потенційно добрі можливості ОР досліджуваних пластів у процесі термального дозрівання (вуглефікації) забезпечити значні обсяги генерації вуглеводневих газів, а також окремі прояви рідких вуглеводнів.

Для визначення перспектив газоносності району досліджень важливе значення має остаточне визначення часу газогенераційних імпульсів. Невизначеність деталізації хронології термальних подій може бути усунута із застосуванням методу фішн-трекового (ФТ) датування.

Фішн-трекове (ФТ) датування віку охолодження зерен мінералів, витягнутих з теригенних осадових порід (наприклад, апатиту), являє собою метод термохронологічних досліджень, що дозволяє не тільки відновити критичні палеотемпературні події, але і простежити динаміку зміни температур за часом. Протягом геологічного часу в зернах апатиту відбуваються реакції спонтанного ядерного ділення ізотопу урану ^{238}U , в результаті якої формуються частки іонізуючого випромінювання. Володіючи високою енергією, частки-осколки ядер викликають ушкодження кристалічних ґраток мінералу, котрі й називають фішн-треками. Накопичення треків у мінералі з часом (формування ФТ системи) - процес, аналогічний накопиченню ізотопів у реакціях радіоактивного розпаду. Фактор температурного режиму вносить корективи в параметри щільності "слідів розпаду" і розподіл їхніх довжин, тобто апатит є природним геотермометром, на чому і ґрунтується методологія.

Температурний діапазон (T_1 , T_2), у межах якого відбувається послідовне зменшення довжин фішн-треків називається зоною часткового відпалювання (ЗЧВ). При температурах, менших за нижню межу ЗЧВ, довжини треків – практично постійні, у той час як по досягненні температури верхньої межі ЗЧВ, тобто температури закриття

ФТ системи, треки в кристалах мінералів відпалюються (зникають) відразу ж після формування, а інформація про старі фішн-треки цілком знищується. Нова ФТ система встановлюється в процесі наступного охолодження гірських порід та їх повторного входження у ЗЧВ. За температур $T < T_2$ включається "трековий годинник": щільність треків у кристалі зростає з часом. Власне кажучи апатит є природним геотермометром, чутливим до температурного діапазону 110-60°C.

Для досліджень методом ФТ аналізу [6, 7] було використано 52 кристали апатиту, котрі були отримані з 2 проб пісковиків $C_{11}Sc_{13}$, відібраних у гірничих виробках шахт Південно-Донбаська №1 та Південно-Донбаська №3.

Проби пісковиків були здрібнені з виділенням фракції 63-250 мкм і піддані стандартним процедурам флотаційного збагачення і магнітної сепарації з виділенням зерен апатиту. Опромінення зразків тепловими нейтронами було виконано в каналах реактора *HIFAR* у м. Лукас Гейтс (Австралія). ФТ датування віку охолодження гірських порід до температури T_2 виконувалися методом зовнішнього детектора з використанням Z-каліброваного підходу, що дозволяє уникнути систематичних погрешностей, зв'язаних з неточністю визначення константи розпаду спонтанного ділення ізотопу урану ^{238}U і дози нейтронів. Виміри щільності треків і їхніх горизонтальних довжин виконано з використанням оптичного мікроскопа *Zeiss Axiotron* із сухим об'єктивом (1250-кратне збільшення). ФТ вік охолодження розраховувався з використанням програмного продукту *Trackkey*. Оскільки хімічний склад апатитів впливає на кінетику відпалювання, попередньо оцінювався вміст хлору в апатитах. Моделювання для знаходження найкращого наближення емпіричних даних ФТ віку до теоретичної кривої в системі координат t-T (час - температура) виконувалось із використанням програмного продукту *AFTSolve*.

Досліджені проби характеризуються ранньопермським ФТ віком (277 і 272 млн. років), тобто віком охолодження гірських порід до температури 100-110°C.

Як початкові умови для моделювання термотектонічної історії цього регіону Донбасу методом ФТ аналізу прийняті наступні положення: а) відклади карбону зазнали максимального температурного впливу у момент їхнього занурення на найбільшу глибину (270-280 млн. років); б) у відповідності з оцінками, отриманими в результаті чисельного моделювання на основі масових вимірів показника відбиття вітриніту R_0 в районах свердловин ДМ-2245, ДМ-2260 і ДМ-2261 [8], величина пізньопермської денудації в межах району досліджень склала 2,3 км (рис. 1).

Проведене ФТ моделювання з використанням цих початкових умов показало високий ступінь збіжності спостережених і модельних даних (рис. 2).

Відповідно до результатів ФТ моделювання, пізньопермська денудація призвела до охолодження порід карбону приблизно на 40°C, а пізньопермська - раньотріасова термальна подія, яка визначена у Червоноармійському та Торезько-Сніжнянському районах [9] практично не проявилася в районі досліджень.

Після рубежу 250 млн. років, коли температури склали 80-85°C, досліджені пісковики (світа C_1^3) почали повільно остигати, і залишили область ЗЧВ (тобто остигли до температур <60°C) в середині юрського часу. Оскільки в районі відомі тіла Південно-Донбаського шонкінит-монзоніт-плагіопорфірового раньоорогенного інтрузивного комплексу, котрі укорінилися на ранній стадії інверсії басейну (260-290 млн. років) [10] і викликали формування локальних областей магмотермічного метаморфізму вугіль аж до перетворення їх у кокс [11], не виключається, що вони могли викликати пертурбацію теплових потоків.

Отже за результатами ФТ аналізу і моделювання термотектонічних режимів метан на ділянках шахт Південно-Донбаська №1 та Південно-Донбаська №3 був генерований на межі сакмарського та асельського віків ранньої пермі (біля 280 млн. років), тобто до

встановленої у роботах [6, 7, 9] післяінверсійної термальної події (біля 250 млн. років, пфальцька фаза герцинського тектонічного циклу, вкорінення пізньоорогенних інтрузивів андезит-трахіандезитового комплексу), яка проявилася вибірково на теренах Донбасу та достовірно встановлена у північній частині Червоноармійського та Торезько-Сніжнянському районах [9].

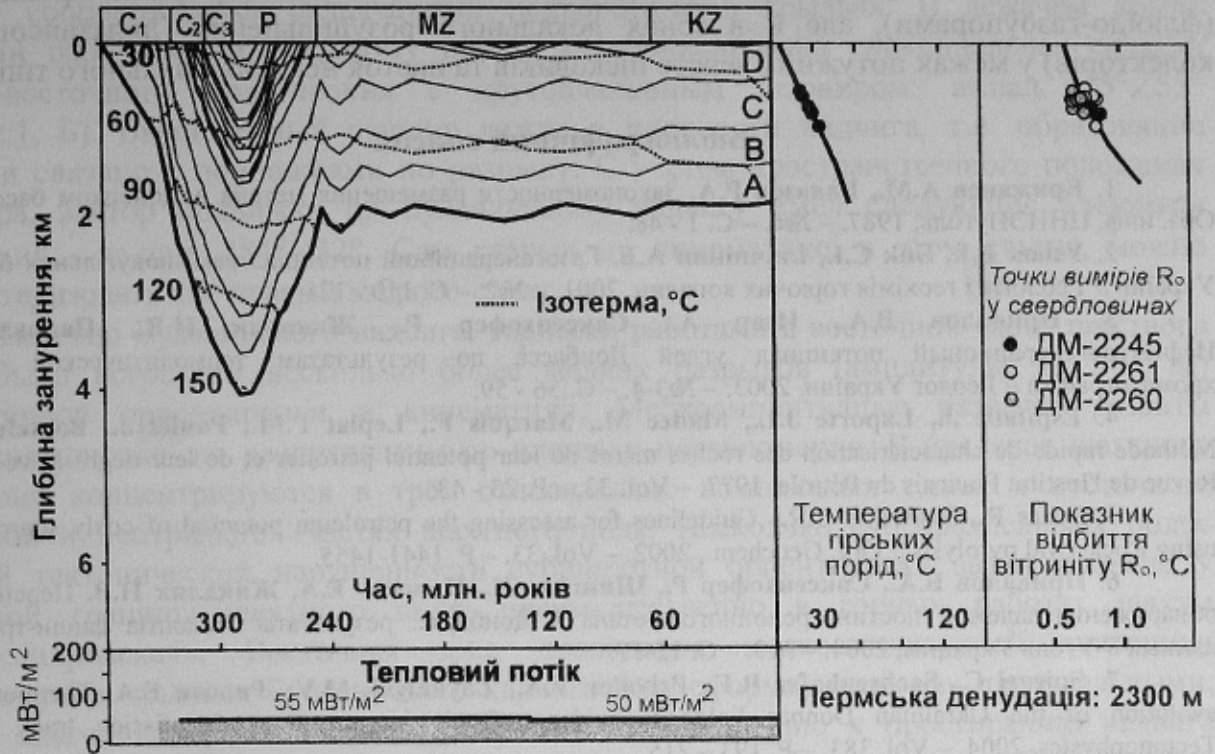


Рис. 1. Криві занурення й історія теплових потоків для свердловин ДМ-2245, ДМ-2260, ДМ-2261, які розраховані на основі чисельного моделювання зміни з глибиною показника відбиття вітриніту R_0 (літерні позначення свит карбону Донбасу: А - C_1^1 , В - C_1^2 , С - C_1^3 , D - C_1^4)

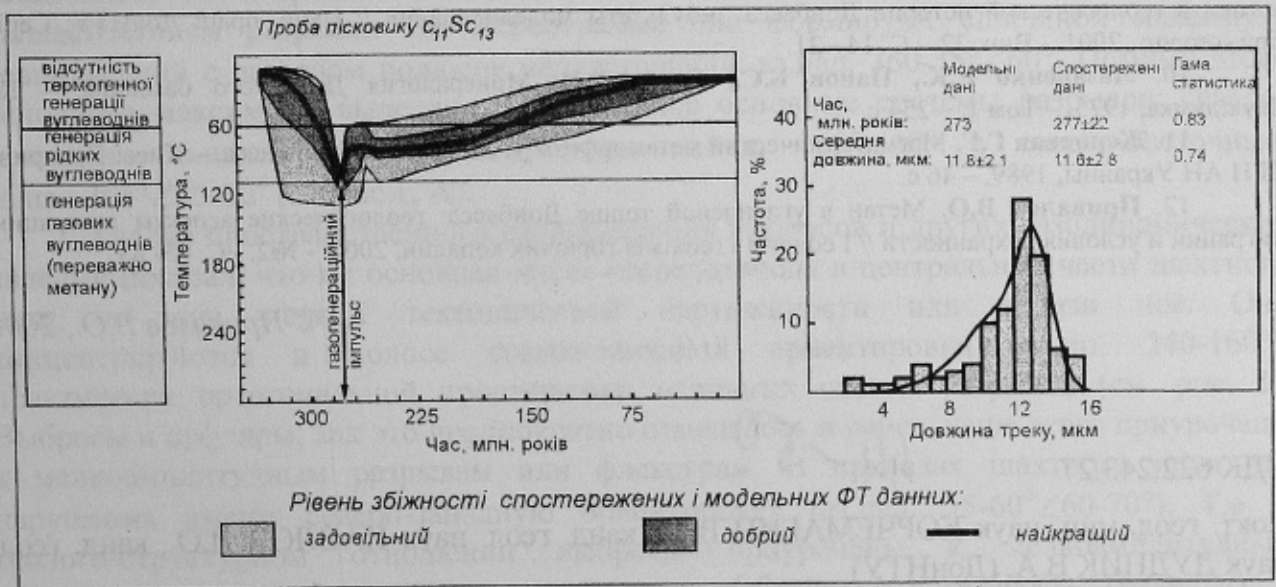


Рис. 2. Результати моделювання термотектонічних режимів за фішн-трековими даними та визначення часу найважливішого газогенераційного імпульсу у відкладах свити C_1^3 на ділянках шахт Південно-Донбаська №1 та Південно-Донбаська №3

Отже газові, переважно метанові поклади у межах ділянок шахт Південно-Донбаська №1 та Південно-Донбаська №3, мають передінверсійне походження. Якщо

прийняти до уваги, що інверсія геотектонічного режиму та складкоутворення, які відбувалися на межі раннього та пізнього пермського часу призвели до порушення систем первинного кліважу, інтенсивної міграції вуглеводнів у напрямку до денної поверхні та їх значних втрат [12], слід вважати, що залишкові після інверсії обсяги метану зосередилися не тільки у типових структурно-тектонічних пастках антиклінального типу, де були локалізовані літологічними бар'єрами проникності (флюїдо-газоупорами), але й в зонах локального розущільнення (дилатансогенних колекторів) у межах потужних верств пісковиків та пасток неантиклінального типу.

Бібліографічний список

1. Брижанев А.М., Галазов Р.А. Закономерности размещения метана в Донецком бассейне // Обз. инф. ЦНИЭИуголь, 1987. – №6. – С. 1 - 48.
2. Узіюк В.І., Бик С.І., Ільчишин А.В. Газогенераційний потенціал кам'яновугільних басейнів України // Геологія і геохімія горючих копалин, 2001. – №2. – С. 110 - 121.
3. Привалов В.А., Изар А., Саксенхофер Р., Жикаляк Н.В., Панова Е.А. Нефтегазогенерационный потенциал углей Донбасса по результатам термолитической газовой хроматографии // Геолог України, 2003. – №3-4. – С. 56 - 59.
4. Espitalié J., Laporte J.L., Madec M., Marquis F., Leplat P.M., Paulet J., Boutefeu A.P. Méthode rapide de caractérisation des roches mères de leur potentiel pétrolier et de leur degré d'évolution // Revue de l'Institut Français du Pétrole, 1977. – Vol. 32. – P. 23 - 43.
5. Sykes R., Snowdon L.R. Guidelines for assessing the petroleum potential of coaly source rocks using Rock-Eval pyrolysis // Org. Geochem., 2002. – Vol. 33. – P. 1441-1455.
6. Привалов В.А., Саксенхофер Р., Шпигель К., Панова Е.А., Жикаляк Н.В. Перспективы обнаружения залежей постинверсионного метана в Донбассе: результаты анализа фишн-трековых данных // Уголь Украины, 2004. – №9. – С. 12-17.
7. Spiegel C., Sachsenhofer R.F., Privalov V.A., Zhykalyak M.V., Panova E.A. Thermotectonic evolution of the Ukrainian Donbas Foldbelt: evidence from zircon and apatite fission track data // Tectonophysics, 2004. – Vol. 383. – P. 193 - 215.
8. Panova E.A., Privalov V.A., Sachsenhofer R.F., Antsiferov V.A. Exploration strategy in the Donets basin (Ukraine): definitions from thermal and burial history reconstructions // Extended abstracts of EAGE 67th Conference & Exhibition, Madrid, Spain, 13-16 June 2005, 2005. - P. 2371-2374.
9. Привалов В.А., Саксенхофер Р., Жикаляк Н.В., Писковой М.А., Панова Е.А. Тепловые потоки в геологической истории Донбасса: результаты моделирования // Наук. праці ДонНТУ: Серія гірн.-геолог., 2001. - Вип. 32. - С. 14 - 21.
10. Лазаренко Е.К., Панов Б.С., Груба В.И. Минералогия Донецкого бассейна. – К.: Наук.думка, 1975. – Том 1. – 254 с.
11. Жерновая Г.Г. Магматермический метаморфизм углей Южного Донбасса. – Киев: Препринт ИГН АН Украины, 1989. – 46 с.
12. Привалов В.О. Метан в угленосной толще Донбасса: геологические аспекты генерации, миграции и условия сохранности // Геологія і геохімія горючих копалин, 2002. - №2. - С. 65- 83.

© Привалов В.О., 2006

УДК 622.243.27

44-50

Докт. геол.-мин. наук КОРЧЕМАГИН В.А., канд. геол. наук ПАВЛОВ И.О., канд. геол. наук ДУДНИК В.А. (ДонНТУ)

СТРУКТУРНО-ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ ВЫБРОСОВ НА ПОЛЕ ШАХТЫ «БУЛАВИНСКАЯ» (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ДОНБАСС)

Поле шахты «Булавинская» находится в Центральном геолого-промышленном районе Донбасса и приурочено к северному крылу Главной антиклинали. Шахтой